

令和 6 年 5 月 16 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H03279

研究課題名(和文) 気孔装置におけるCO₂応答の分子基盤の解明研究課題名(英文) Molecular basis of CO₂ response in stomatal apparatus

研究代表者

射場 厚 (Iba, Koh)

九州大学・理学研究院・名誉教授

研究者番号：10192501

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：気孔装置における高次情報処理を司る気孔葉緑体や乾燥(ABA)とは独立したCO₂シグナル伝達経路に着目し、新規CO₂シグナル伝達因子および高次情報処理因子の探索を試みた。単離気孔葉緑体を用いたプロテオミクス解析から、気孔開閉制御に関わる気孔葉緑体因子を同定した。また、CO₂非感受性変異体 *cdi4* の原因遺伝子の解析から、孔辺細胞に豊富に含まれるリン脂質であるPEが、気孔開口に欠かせないことを明らかにした。さらに、サーマルイメージングによる変異体スクリーニングの効率を飛躍的に向上させるために独自設計の環境試験機を投入し、ABA非依存的に気孔閉鎖応答に異常を示す変異体を単離した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、植物における生体情報、環境情報の集積中枢となっている気孔装置における高次情報処理の仕組みを精査することによって、植物の生命力の強さ、すなわち頑健性の源となっている植物に特異的な細胞動態の解明をめざしている。

研究成果の概要(英文)：Focusing on stomatal chloroplast-independent and drought-independent CO₂ signalling pathways responsible for higher-order information processing in the stomatal apparatus, we sought to identify novel CO₂ signalling and higher-order information processing factors. Proteomic analysis of isolated stomatal chloroplasts identified stomatal chloroplast factors involved in the regulation of stomatal opening and closing. Analysis of the causal gene of a CO₂-insensitive mutant revealed that PE, a phospholipid abundant in pore cells, is essential for stomatal opening. Furthermore, thermal imaging mutant screening isolated a mutant with an abnormal ABA-independent stomatal closure response.

研究分野：植物生理学

キーワード：気孔 CO₂

1. 研究開始当初の背景

大気環境と体内とをつなぐ通路である気孔は、植物がガス交換を行うための器官である。光合成において外気からCO₂を取り込むために気孔を開くことが必要だが、水分損失や病原菌の侵入を防ぐためには閉じなければならない。どのように気孔を開くのがよいかは環境条件によって異なり、生存のためには厳密な制御が必要となる。そのために、気孔は、光や湿度、CO₂、オゾンといった大気成分、生物的エリクター刺激などの外部環境情報と、全身の代謝バランスなどの生体情報の集積地となっている。植物個体の成長や生存に最適な体内環境を維持するように、気孔はこれらの情報を統合し、ガス交換効率を最適化する高度の情報処理システム(高次情報処理システム)を備えていると考えられる。

研究代表者のグループはこれまでに、独自開発した精密 CO₂ 制御ハイスループットサーマルイメージングの技法を用いた順遺伝学的アプローチにより、気孔の形成や機能に関わるユニークな因子を同定してきた。例えば、青色光やアブシジン酸 (ABA) に対する気孔応答は正常だが、CO₂ 応答性は消失している *ht1* 変異体の解析から植物の CO₂ シグナル伝達因子を世界に先駆けて同定した (Hashimoto *et al. Nature Cell Biol* 2006)。この因子は、CO₂ による気孔応答をオン・オフするマスターレギュレーターである。また、精密 CO₂ 濃度差分画像解析から単離された *slac1* 変異株の原因遺伝子は、気孔閉鎖を駆動する陰イオンチャンネルであることが判明し、そのイオンチャンネルの活性化および環境情報の受容機構について、分子レベルでの解析が可能になった (Negi *et al. Nature* 2008)。一方、表皮細胞系からの気孔分化過程は、動物細胞の筋肉組織や神経組織の分化過程と類似したシステムにより進行することが分かっていたが、分化過程を終えたばかりの幼少な気孔がどのようなメカニズムで機能化するか、そのプロセスは着目されていなかった。完全気孔 CO₂ 非感受性変異体の中から得られた *scap1* の原因遺伝子は、植物特異的な Dof 転写因子であり、気孔分化過程の終盤の特定の時期に気孔の‘口’としての形態形成と開閉機能、そして環境シグナル受容系を一括して統御する要の因子であることが判明した (Negi *et al. Cur Biol* 2013)。この変異体と共に単離された *patrol1* は、低 CO₂、光による気孔開口反応は低下しており、野生株よりも成長が遅い変異体であるが、その原因遺伝子は神経細胞で神経伝達物質の分泌調節に働く因子と同じ MUN ドメインを持つ。PATROL1 因子は、光や乾燥などの環境変化にあわせて、孔辺細胞膜近傍と細胞質区画との間を数十秒のオーダーで移動する。この因子の挙動はプロトンポンプ (AHA1) の細胞内から細胞膜上への定置移動、あるいはその逆の離散移動と一致しており、このような観察から PATROL1 が AHA1 を必要とされる時に細胞膜に並べたり、逆に必要でなくなった場合には回収したりする機能を持ち、気孔開閉の未知のメカニズムを担っていることが示された (Hashimoto-Sugimoto *et al. Nature Commun* 2013)。PATROL1 を過剰発現させた植物体では、気孔の環境応答性が高まり、光合成効率が向上することによってバイオマス生産が促進される。さらに、この PATROL1 過剰発現体では、高 CO₂、暗条件、乾燥などの多重環境情報を迅速・精確に処理し、それに基づいた気孔応答を行うことができることを明らかにしてきた。

2. 研究の目的

既存の気孔研究は、外部環境シグナルの受容とその伝達、そして開閉運動を駆動する素反応、すなわち一次情報処理に重点をおいたものである。しかしながら、「1. 研究開始当初の背景」にも述べたように、外部からの様々な刺激、体内の代謝バランス情報などの多重情報を統合し、気孔のガス交換効率を最適化するための高次情報処理システムが気孔には備わっていることは疑いの余地がない。外部からのこのような多重情報を統合し、気孔のガス交換効率を最適化するための高次情報処理システムが気孔には備わっていることが予想されるが、このようなシステムの解析は手つかずの状態であった。しかし、研究代表者のグループの先行研究によって新規かつユニークな因子が次々と発見されたことにより、高次情報処理システムとしての気孔器官を解析することが可能となってきた。この高次情報処理システムは、孔辺細胞が直接情報を受容し統合処理するシステムに加え、他細胞とのコミュニケーションを通して処理するシステムや植物独自のオルガネラに依存したシステムも含まれ、極めて植物に特徴的なものである。本

研究では、① 研究代表者のグループが最近発見した孔辺細胞葉緑体欠失変異株 (*gles1*) の解析から、気孔器官の高次情報処理における孔辺細胞葉緑体の役割を明らかにする。② サーマルイメージングによる変異体スクリーニングの効率を飛躍的に向上させるために独自設計の環境試験機を投入し、器官間コミュニケーション含む気孔の複合環境感知・処理システムに関連した変異体スクリーニングにチャレンジする。これらの研究から発掘される新規因子の解析および新メカニズムの解明によって気孔高次情報処理システムの分子実体に迫ることをめざす。高次情報処理は多様な環境で植物が生き延びるための要であるが、その分子実体に迫る研究は極めて乏しい。そこで、生体情報の集積中枢となっている気孔における高次情報処理の仕組みを明らかにすることにより、植物独自の情報統括処理のパラダイムを提案することを目標とする。

3. 研究の方法

(1) 気孔装置における高次情報処理中枢としての孔辺細胞葉緑体の解析

孔辺細胞は、植物独自のオルガネラである葉緑体を保持している。近年、我々は孔辺細胞葉緑体(Guard Cell Chloroplast; 以後 GCC と略す)が光や CO₂ などの環境情報感知に必須であり、気孔閉鎖を駆動する細胞膜型アニオンチャンネルの活性制御に関与することを明らかにした。一方、GCC を介した環境情報処理の分子メカニズムは不明である。そこで、独自に開発した GCC 単離技法を駆使した気孔葉緑体プロテオミクス解析から、複数の環境要因が同時に存在する状況や、刻々と変化する光環境に応じて、それらの環境情報を統括し、最適解を出す鍵となる葉緑体因子を発見する。

(2) 高精度環境試験機を用いた変異体スクリーニングによる新規 CO₂ シグナル伝達因子および高次情報処理因子の探索

一般仕様の人工気象機では温度と湿度の相互干渉が避けられないため、高精度の環境制御が困難である。そのような相互干渉を回避するために制御項目として温度と絶対湿度を用いた環境試験機開発し、サーマルイメージングの環境条件を±0.2°C、±2.0%RH(測定時 22°C、40%RH-80%RH)程度の精度まで向上させる。この環境試験機を、湿度変動の干渉を排除した環境下での CO₂ シグナル伝達因子変異体のスクリーニング、表現型解析に投入する。

4. 研究成果

(1) 孔辺細胞葉緑体の特異な機能とその成り立ちに関する発見

気孔を構成する孔辺細胞は、植物独自のオルガネラである葉緑体を有しているが、その葉緑体 (Guard Cell Chloroplast: GCC) は葉肉細胞の葉緑体 (Mesophyll Cell Chloroplast: MCC) と比較してチラコイド膜が未発達であり、デンプンを高蓄積するという特徴を持つ。我々は GCC が光や CO₂ などの環境情報感知に必須であり、気孔閉鎖を駆動するアニオンチャンネルの活性制御に関与することを明らかにしている (Negi *et al.* PNAS 2018)。しかしながら、GCC を介した環境情報処理の分子メカニズムは不明である。本研究では、GCC 及び MCC の葉緑体タンパク質を網羅的に比較解析し、GCC 特異的に発現する機能因子を探索した。新たな試みとして、GCC を特異的に YFP 蛍光ラベルしたシロイヌナズナの形質転換体を作成し、その植物から単離した孔辺細胞プロトプラストを破碎し、蛍光シグナルとサイズを指標にしたセルソーティングによって無傷 GCC を分離した。この新たな手法により高純度かつ大量の無傷 GCC を単離することが可能となった。ここで得られた無傷 GCC と無傷 MCC とのプロテオーム比較解析を行い、約 3000 のタンパク質が GCC 及び MCC で同定された。そのうち、MCC では同定されず、GCC でのみ検出された GCC 特異的タンパク質は 93、MCC よりも 5 倍以上発現が高いタンパク質は 213 存在した。GCC で高発現している 213 タンパク質に絞り Gene Ontology 解析(GO 解析)を行った結果、酸化還元反応、脂質及び糖代謝、リン酸化に関与するタンパク質が多く含まれることが判明した。また、シグナル伝達に関与する可能性のある GCC 高発現タンパク質が複数存在した。続いて、GCC で高発現を示した候補遺伝子の機能不全変異体を作成し、気孔応答性解析を行った。その結果、気孔開閉応答を制御する 3 つの新規気孔葉緑体因子を同定した。GCC が担う環境情報処理機能の解明への鍵

となると考えられる。

(2) 高精度環境試験機を用いた変異体スクリーニングによる新規 CO₂ シグナル伝達因子および高次情報処理因子の探索

(2-1) 気孔の開口に必須な脂質分子種の発見 (Negi *et al.* *Plant J.* 2023)

気孔の二酸化炭素応答に異常をもつシロイヌナズナ変異体 *cdi4* は、葉面温度を指標にしたハイスループットスクリーニング技法により単離された。*cdi4* の原因遺伝子はホスファチジルエタノールアミン合成経路の律速酵素 PECT1 をコードしていた。PECT1 は、植物の胚発生に必須であると報告されているが、気孔の環境応答における役割は知られていない。ホスファチジルエタノールアミン含量が減少した *cdi4* において、気孔の二酸化炭素応答は、光及びカビ毒フシコクシンに対する応答と共に低下していた。PECT1 は孔辺細胞を含む全ての組織で発現していたため、孔辺細胞特異的に PECT1 の発現を抑制した系統を作成し、気孔応答を調べた結果、*cdi4* と同様に気孔の開口応答が低下していた。この結果は、孔辺細胞で発現する PECT1 が気孔の開口応答を制御することを示している。気孔開口における PECT1 の機能を明らかにするため、光によって活性化され、気孔開口を駆動する細胞膜プロトン ATPase に着目した。細胞膜プロトン ATPase の発現量や局在を調べた結果、*cdi4* と野生型との間に顕著な違いは見られなかった。さらにフシコクシンによるプロトン ATPase のリン酸化やプロトンポンプ活性化においても *cdi4* 変異の影響はなかった。これらの結果から、ホスファチジルエタノールアミンは細胞膜プロトン ATPase とは独立した経路で気孔開口を制御するリン脂質であることが分かり、ホスファチジルエタノールアミンの新たな役割が示された。

(2-2) ABA 非依存的な気孔閉鎖応答

気孔の閉鎖応答は、主に植物ホルモンのアブシジン酸 (ABA) を介したシグナル伝達経路によって制御されているが、一方で、気孔閉鎖応答には ABA 依存的な応答だけでなく ABA 非依存的な応答も存在すると言われている。例えば、ABA 合成能力が低下した *aba3-1* (Léon-Kloosterziel *et al.*, 1996) や ABA 感受性を喪失し ABA シグナリングに異常がある *abi1-1* (Koornneef *et al.*, 1984) の湿度応答について、気孔開度は野生株よりも総じて高いが湿度低下に対して全く気孔閉鎖しないわけではないことがわかっている (Monda *et al.*, 2011)。また、孔辺細胞に存在し気孔閉鎖に関わる陰イオンチャネル SLAC1 (Negi *et al.*, 2008) の上流ではリン酸化酵素 SnRK2 が ABA シグナル伝達を正に制御しているが (Umezawa *et al.*, 2009)、それとは異なるサブクラスの SnRK2 は ABA によっては活性化されず、ABA 非依存的に乾燥ストレス応答を伝達し、遺伝子発現を調節することが知られている (Soma *et al.*, 2021; Yoshida *et al.*, 2006)。しかし、気孔閉鎖応答を ABA 依存的な応答と非依存的な応答に分離することは難しく、ABA 非依存的な応答の具体的なメカニズムについては多くが未解明である。ABA 非依存的な気孔閉鎖応答の分子メカニズムを解明することをめざし、シロイヌナズナを用いた順遺伝学的解析によってこの応答機構に関わる新規遺伝子の探索を行った。一次選抜として、変異原処理された約 8,000 個体のシロイヌナズナ M₂ 植物の中から CO₂ 濃度を上昇させた時の気孔開度変化を、葉面温度を指標にして解析し、気孔開度の様子が野生型と異なる変異体を選抜した。さらに二次選抜として、変異体の ABA 感受性と ABA 合成能力を調べ、ABA 非依存的に気孔閉鎖応答に異常を示す変異体を単離した。最終的に単離された変異体は野生型よりも気孔開度レベルが上昇しており、さらに気孔密度の増大も見られた。この変異体は野生型と同程度の ABA 合成能力と ABA 感受性を有していたことから、この変異体の気孔特性の変化は ABA 非依存的に引き起こされている可能性が高い。この変異体の原因遺伝子を同定した結果、これまで気孔応答への関与が報告されていない遺伝子であることがわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 0件）

| | |
|---|------------------------|
| 1. 著者名 Monda, K., Mabuchi, A., Negi, J. and Iba, K. | 4. 巻 16 |
| 2. 論文標題 Cuticle permeability is an important parameter for the trade-off strategy between drought tolerance and CO2 uptake in land plants. | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Plant Signal. Behav. | 6. 最初と最後の頁 e1908692 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15592324.2021.1908692 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Sato, F., Iba, K. and Higaki, T. | 4. 巻 86 |
| 2. 論文標題 Involvement of the membrane trafficking factor PATROL1 in the salinity stress tolerance of Arabidopsis thaliana. | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Cytologia | 6. 最初と最後の頁 119-126 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1508/cytologia.86.119 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Higaki, T., Sato, F. and Iba, K. | 4. 巻 86 |
| 2. 論文標題 Environmental responses of the membrane trafficking factor PATROL1 in the Arabidopsis stomatal complex. | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Cytologia | 6. 最初と最後の頁 101-102 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1508/cytologia.86.102 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Obata, T., Kobayashi, K., Tadakuma, R., Akasaka, T., Iba, K. and Negi, J. | 4. 巻 62 |
| 2. 論文標題 The endoplasmic reticulum pathway for membrane lipid synthesis has a significant contribution toward shoot removal-induced root chloroplast development in Arabidopsis. | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Plant Cell Physiol. | 6. 最初と最後の頁 494-501 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcab009 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------|
| 1. 著者名 Sakuraba, Y., Chaganzhana, A. Mabuchi, K. Iba and Yanagisawa, S. | 4. 巻 4 |
| 2. 論文標題 Enhanced NRT1.1/NPF6.3 expression in shoots improves growth under nitrogen deficiency stress in Arabidopsis. | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Commun. Biol. | 6. 最初と最後の頁 256 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-021-01775-1 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 祢宜淳太郎、小畑智暉、宋普錫 | 4. 巻 12A |
| 2. 論文標題 気孔細胞に存在する葉緑体の成り立ちとその機能 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 BSJ-Review | 6. 最初と最後の頁 38-44 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24480/bsj-review.12a5.00198 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Monda, K., Mabuchi, A., Takahashi, S., Negi, J., Tohmori, R., Terashima, I., Yamori, W., and Iba, K. | 4. 巻 184 |
| 2. 論文標題 Increased Cuticle Permeability Caused by a New Allele of ACETYL-COA CARBOXYLASE 1 Enhances CO2 Uptake. | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Plant Physiol. | 6. 最初と最後の頁 1917-1926 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1104/pp.20.00978 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Kimura, H., Hashimoto-Sugimoto, M, Iba, K., Terashima, I. and Yamori, W. | 4. 巻 71 |
| 2. 論文標題 Improved stomatal opening enhances photosynthetic rate and biomass production in fluctuating light. | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 J. Exp. Bot. | 6. 最初と最後の頁 2339-2350 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jxb/eraa090 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Yamori, W., Kusumi, K., Iba, K. and Terashima, I. | 4. 巻 43 |
| 2. 論文標題 Increased stomatal conductance induces rapid changes to photosynthetic rate in response to naturally fluctuating light conditions in rice. | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Plant Cell Environment | 6. 最初と最後の頁 1230-1240 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pce.13725 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Negi Juntaro, Obata Tomoki, Nishimura Sakura, Song Boseok, Yamagaki Sho, Ono Yuhei, Okabe Makoto, Hoshino Natsumi, Fukatsu Kohei, Tabata Ryo, Yamaguchi Katsushi, Shigenobu Shuji, Yamada Masashi, Hasebe Mitsuyasu, Sawa Shinichiro, Kinoshita Toshinori, Nishida Ikuo, Iba Koh | 4. 巻 115 |
| 2. 論文標題 PECT1, a rate limiting enzyme in phosphatidylethanolamine biosynthesis, is involved in the regulation of stomatal movement in Arabidopsis | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 The Plant Journal | 6. 最初と最後の頁 563 ~ 576 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/tpj.16245 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計28件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 6件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 宋 普錫, 山柿 将, 西村 さくら, 成松 丈, 射場 厚, 祢冨 淳太郎 |
| 2. 発表標題 シロイヌナズナの気孔無傷葉緑体単離法の確立と気孔葉緑体特異的タンパク質の探索 |
| 3. 学会等名 第63回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小畑 智暉, 小林 康一, 多田隈 遼亮, 赤坂 泰輝, 射場 厚, 祢冨 淳太郎 |
| 2. 発表標題 根細胞において小胞体経路は主要な膜脂質合成経路であり葉緑体の発達誘導に欠かせない |
| 3. 学会等名 第63回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 森脇 宏介, 柳澤 修一, 射場 厚, 祢冨 淳太郎 |
| 2. 発表標題 気孔機能化因子SCAP1の気孔特異的な発現に必要な2つの独立した新規シスエレメントの同定 |
| 3. 学会等名 日本植物学会第85回大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 西村 さくら, 小畑 智暉, 多田隈 遼亮, 射場 厚, 祢冨 淳太郎 |
| 2. 発表標題 シロイヌナズナの気孔葉緑体および気孔開閉応答には葉緑体脂質DGDGが重要である |
| 3. 学会等名 日本植物学会第85回大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kosuke Moriwaki, Shuichi Yanagisawa, Koh Iba, Juntaro Negi |
| 2. 発表標題 Identification of two independent cis-acting elements required for the guard cell-specific expression of SCAP1, which is essential for late stomatal development |
| 3. 学会等名 The 31st International Conference on Arabidopsis Research (ICAR2021) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Tomoki Obata, Ryosuke Tadakuma, Taiki Akasaka, Koichi Kobayashi, Koh Iba, Juntaro Negi |
| 2. 発表標題 The ER pathway for membrane lipid synthesis has an important role in shoot removal-induced root chloroplast development in Arabidopsis |
| 3. 学会等名 The 31st International Conference on Arabidopsis Research (ICAR2021) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 森脇 宏介, 柳澤 修一, 射場 厚, 祢垣淳太郎 |
| 2. 発表標題 気孔成熟化プロセスの鍵転写因子SCAP1の気孔特異的な発現に必要な2つの新規シスエレメント |
| 3. 学会等名 九州沖縄植物学会第70回大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 西村 さくら, 小畑 智暉, 多田隈 遼亮, 射場 厚, 祢垣 淳太郎 |
| 2. 発表標題 葉緑体脂質DGDGは気孔葉緑体形成及び気孔開閉応答に必須である |
| 3. 学会等名 九州沖縄植物学会第70回大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中江 聡子, 秀野 智紀, 東馬場 徳, 馬淵 敦士, 祢垣 淳太郎, 射場 厚, 門田 慧奈 |
| 2. 発表標題 アブシシン酸非依存的にCO ₂ 誘導性の気孔閉鎖能が低下した新規変異体の単離 |
| 3. 学会等名 第63回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 秀野 智紀, 中江 聡子, 東馬場 徳, 馬淵 敦士, 祢垣 淳太郎, 射場 厚, 門田 慧奈 |
| 2. 発表標題 CO ₂ 高感受性を示すシロイヌナズナ野生系統の単離とその表現型解析 |
| 3. 学会等名 第63回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Mabuchi A, Monda K, Notaguchi M, Tsutsui H, Sakuraba Y, Negi J, Abe M, Yanagisawa S, Iba K |
| 2. 発表標題 Shoot-to-root long-distance signals found in an Arabidopsis thaliana ecotype improve growth under nitrogen deficient conditions |
| 3. 学会等名 The 31st International Conference on Arabidopsis Research (ICAR2021) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Monda K, Mabuchi A, Takahashi S, Negi J, Tohmori R, Terashima I, Yamori W, Iba K |
| 2. 発表標題 Increased Cuticle Permeability Caused by a New Allele of ACETYL-COA CARBOXYLASE 1 Enhances CO2 Uptake Efficiency in Arabidopsis |
| 3. 学会等名 The 31st International Conference on Arabidopsis Research (ICAR2021) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 馬淵 敦士, 門田 慧奈, 野田口 理孝, 筒井 大貴, 櫻庭 康仁, 祢亘 淳太郎, 阿部 光知, 柳澤 修一, 射場 厚 |
| 2. 発表標題 シロイヌナズナ野生系統がもつ極限低窒素環境適応力を高める移動性シグナル |
| 3. 学会等名 九州沖縄植物学会第70回大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 門田 慧奈, 馬淵 敦士, 高橋 將, 祢亘 淳太郎, 東森 峻馬, 寺島 一郎, 矢守 航, 射場 厚 |
| 2. 発表標題 ACETYL-COA CARBOXYLASE 1の新規変異によるクチクラ透過性の上昇はCO2取込み効率を向上させる |
| 3. 学会等名 九州沖縄植物学会第70回大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 伊藤 和洋, 山本 あゆ, 馬淵 敦士, 花田 耕介, 射場 厚, 楠見 健介 |
| 2. 発表標題 シロイヌズナsORF, SORFC03は全身的な窒素シグナルに応じて発現し側根形成を抑制する |
| 3. 学会等名 第63回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 伊藤 和洋, 久永 優希, 馬淵 敦士, 花田 耕介, 射場 厚, 楠見 健介 |
| 2. 発表標題 側根形成の窒素栄養応答に関わるシロイヌズナshort ORFの機能解析 |
| 3. 学会等名 日本植物学会 第85回大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 久永 優希, 伊藤 和洋, 馬淵 敦士, 花田 耕介, 射場 厚, 楠見 健介 |
| 2. 発表標題 高窒素環境における側根形成調節に関わるシロイヌズナshort ORFの機能解析 |
| 3. 学会等名 九州沖縄植物学会 (第70回) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kazuhiro Ito, Yuki Hisanaga, Kousuke Hanada, Koh Iba, Kensuke Kusumi |
| 2. 発表標題 An Arabidopsis short ORF, SORFC03, is involved in the regulation of nitrogen-dependent lateral root developmen |
| 3. 学会等名 The International Conference on Arabidopsis Research (ICAR) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小畑 智暉、小林 康一、多田隈 遼亮、赤坂 泰輝、射場 厚、祢冨 淳太郎 |
| 2. 発表標題 地上部切除により誘導される根細胞での葉緑体の発達には小胞体からの脂質供給が欠かせない |
| 3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 森脇 宏介, 柳澤 修一, 射場 厚, 祢冨 淳太郎 |
| 2. 発表標題 気孔の成熟化を担うDof転写因子SCAP1の気孔特異的な発現に必要な2つの新規シスエレメント |
| 3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tomoki Obata, Ryosuke Tadakuma, Taiki Akasaka, Koichi Kobayashi, Koh Iba, Juntaro Negi |
| 2. 発表標題 Dominant role of ER lipid pathway for shoot-removal induced root chloroplast development in Arabidopsis |
| 3. 学会等名 The Plant Biology 2020 Worldwide Summit (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 門田 慧奈, 馬淵 敦士, 高橋 將, 祢冨 淳太郎, 東森 峻馬, 寺島 一郎, 矢守 航, 射場 厚 |
| 2. 発表標題 シロイヌナズナのACETYL-COA CARBOXYLASE1の新規変異が引き起こすクチクラ透過性の上昇は, CO2取り込み効率を向上させる |
| 3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 馬淵 敦士, 門田 慧奈, 野田口 理孝, 筒井 大貴, 櫻庭 康仁, 祢冢 淳太郎, 阿部 光知, 柳澤 修一, 射場 厚 |
| 2. 発表標題 極限低窒素適応形質の接木によるシロイヌナズナエコタイプ間移動 |
| 3. 学会等名 日本植物学会第84回大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 伊藤 和洋, 山本 あゆ, 馬淵 敦士, 花田 耕介, 射場 厚, 楠見 健介 |
| 2. 発表標題 窒素栄養環境に応じた側根形成調節に関わるシロイヌナズナshort ORFの解析 |
| 3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 伊藤和洋, 伊藤道俊, 増田真二, 射場厚, 楠見健介 |
| 2. 発表標題 イネの葉の発生初期におけるppGpp合成を介した葉緑体分化制御 |
| 3. 学会等名 日本植物学会 第84回大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中江 聡子, 秀野 智紀, 祢冢 淳太郎, 小嶋 美紀子, 竹林 裕美子, 榊原 均, 射場 厚, 門田 慧奈 |
| 2. 発表標題 アブシシン酸非依存的な気孔応答に関係するシロイヌナズナ新規変異体の解析 |
| 3. 学会等名 日本植物学会第87回大会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 大隈 玲央奈、宋 普錫、山柿 将、小畑 智暉、西村 さくら、射場 厚、祢冨 淳太郎 |
| 2. 発表標題 脂質合成酵素に異常を持つ新規気孔葉緑体形成不全変異体の単離及びリピドーム解析 |
| 3. 学会等名 日本植物学会第87回大会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小畑 智暉、立花 輝太、王丸 将貴、射場 厚、祢冨 淳太郎 |
| 2. 発表標題 塩ストレスにより表皮細胞特異的に誘導されるアントシアニンの蓄積には表皮葉緑体が必要である |
| 3. 学会等名 第65回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2024年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

| | | | |
|---------|---------------------------|-----------------------|----|
| 6. 研究組織 | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|---------|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| | |
|---------|---------|
| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|